

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6 :	A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO1998/43277
H01J 61/00, 65/00		(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 1. Oktober 1998 (01.10.98)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE98/00827	(81) Bestimmungsstaaten: CA, CN, HU, JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 20. März 1998 (20.03.98)	
(30) Prioritätsdaten: 197 11 890.9 21. März 1997 (21.03.97) DE 197 29 181.3 8. Juli 1997 (08.07.97) DE	Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): PATENT-TREUHAND-GESELLSCHAFT FÜR ELEKTRISCHE GLÜHLAMPEN MBH [DE/DE]; Hellabrunner Strasse 1, D-81543 München (DE).	
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): VOLLKOMMER, Frank [DE/DE]; Neuriederstrasse 18, D-82131 Buchendorf (DE). HITZSCHKE, Lothar [DE/DE]; Theodor-Alt-Strasse 6, D-81737 München (DE).	
(74) Gemeinsamer Vertreter: PATENT-TREUHAND-GESELLSCHAFT FÜR ELEKTRISCHE GLÜHLAMPEN MBH; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).	

(54) Title: FLAT FLUORESCENT LIGHT FOR BACKGROUND LIGHTING AND LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE FITTED WITH SAID FLAT FLUORESCENT LIGHT

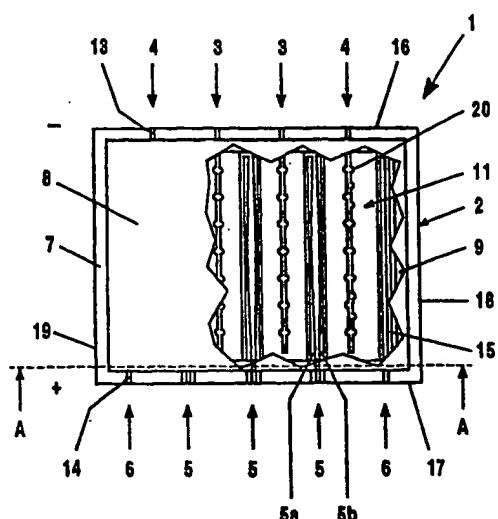
(54) Bezeichnung: FLACHLEUCHTSTOFFFLAMPE FÜR DIE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG UND FLÜSSIGKRISTALLANZEIGE-VORRICHTUNG MIT DIESER FLACHLEUCHTSTOFFFLAMPE

#### (57) Abstract

The invention relates to a flat fluorescent light (1) having a discharge vessel (2) comprising a base plate (7), a cover plate (8) and a frame (9) forming a gastight soldered connection. Structures resembling strip connectors act as electrodes (3-6) inside the discharge vessel. Said structures also act as conductors in the conductor area and as external electricity inlets (13; 14) on the outside. This configuration enables simple and easily automated manufacturing of flat lights in different sizes. Moreover, an almost infinite variety of electrode shapes can be made, specially with regard to creating a homogenous and optimized light density with reduced density loss on the edges of said light. At least the anodes (5, 6) are covered by a dielectric coating (15). Preferably, the light (1) is operated by pulse voltage source and is used for background lighting of LCD's, e.g. in monitors or diver information displays.

#### (57) Zusammenfassung

Eine Flachleuchtstofflampe (1) weist ein Entladungsgefäß (2) auf mit einer Bodenplatte (7), einer Deckenplatte (8) und einem Rahmen (9), die mittels Lot (10) gasdicht miteinander verbunden sind. Leiterbahnähnliche Strukturen fungieren im Innern des Entladungsgefäßes als Elektroden (3-6), im Durchführungsbereich als Durchführungen und im Außenbereich als äußere Stromzuführungen (13; 14). Dadurch lassen sich Flachlampen unterschiedlichster Größen fertigungstechnisch einfach und gut automatisierbar herstellen. Außerdem sind nahezu beliebige Elektrodenformen realisierbar, insbesondere im Hinblick auf eine gleichmäßige Leuchtdichte mit verringertem Leuchtdichteabfall zu den Rändern der Flachlampe hin optimiert. Zumindest die Anoden (5, 6) sind jeweils mit einer dielektrischen Schicht (15) bedeckt. Die Lampe (1) wird vorzugsweise mit einer Impulsspannungsquelle betrieben und dient als Hintergrundbeleuchtung für LCD, z.B. in Monitoren oder Fahrerinformationsdisplays.



**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LJ	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

## Flachleuchtstofflampe für die Hintergrundbeleuchtung und Flüssigkristallanzeige-Vorrichtung mit dieser Flachleuchtstofflampe

### Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft eine Flachleuchtstofflampe für die Hintergrundbeleuchtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Außerdem betrifft die Erfindung ein Beleuchtungssystem gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 18 mit dieser Flachleuchtstofflampe. Des weiteren betrifft die Erfindung eine Flüssigkristallanzeige-Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 19 mit diesem Beleuchtungssystem.

Unter der Bezeichnung „Flachleuchtstofflampe“ sind hier Leuchtstofflampen mit einer flächigen Geometrie gemeint, die weißes Licht emittieren. Sie sind in erster Linie für die Hintergrundbeleuchtung von Flüssigkristallanzeigen, 10 auch als LCD's (Liquid Crystal Displays) bekannt, konzipiert.

Des weiteren handelt es sich dabei um Flachlampen mit streifenartigen Elektroden, bei denen entweder die Elektroden einer Polarität oder alle Elektroden, d.h. beiderlei Polarität, mittels einer dielektrischen Schicht von der Entladung getrennt sind (einseitig bzw. zweiseitig dielektrisch behinderte Entladung). Derartige Elektroden werden im folgenden auch verkürzend 15 als „dielektrische Elektroden“ bezeichnet.

Unter dem Begriff „streifenartige Elektrode“ – verkürzend auch „Elektrodenstreifen“ genannt – soll hier und im folgenden ein längliches, im

Vergleich zu seiner Länge sehr dünnes und schmales Gebilde verstanden werden, das in der Lage ist, als Elektrode zu wirken. Dabei müssen die Kanten dieses Gebildes nicht notwendigerweise parallel zueinander sein. Insbesondere sollen auch Unterstrukturen entlang der Längsseiten der Streifen umfaßt sein.

Die dielektrische Schicht kann durch die Wandung des Entladungsgefäßes selbst gebildet sein, indem die Elektroden außerhalb des Entladungsgefäßes, etwa auf der Außenwandung, angeordnet sind. Ein Vorteil dieser Ausführung mit äußeren Elektroden ist, daß keine gasdichten Stromdurchführung durch die Wandung des Entladungsgefäßes geführt werden müssen. Allerdings ist die Dicke der dielektrischen Schicht – ein wichtiger Parameter, der unter anderem die Zünd- und die Brennspannung der Entladung beeinflusst – im wesentlichen durch die Anforderungen an das Entladungsgefäß, insbesondere dessen mechanische Festigkeit, festgelegt.

15 Andererseits kann die dielektrische Schicht auch in Gestalt einer zumindest teilweisen Umhüllung oder Schicht mindestens des anodischen Teils der innerhalb des Entladungsgefäßes angeordneten Elektroden realisiert sein. Das hat den Vorteil, daß die Dicke der dielektrischen Schicht auf die Entladungseigenschaften hin optimiert werden können. Allerdings erfordern innere Elektroden gasdichte Stromdurchführungen. Dadurch sind zusätzliche Fertigungsschritte erforderlich, was die Herstellung in der Regel verteuert.

Flüssigkristallanzeige-Vorrichtungen werden insbesondere in tragbaren Computern (Laptop, Notebook, Palmtop o.ä.) in jüngster Zeit aber auch für stationäre Computermonitore eingesetzt. Weitere Anwendungsgebiete sind 25 Informationsanzeigen in Leitwarten von Industrieanlagen oder Flugüberwachungseinrichtungen, Anzeigen von Kassensystemen und automatischen Geldausgabesystemen sowie Fernsehgeräte, um nur einige zu nennen. Zunehmend werden Flüssigkristallanzeige-Vorrichtungen auch in der Auto-

mobiltechnik für sogenannte Fahrerinformationssysteme eingesetzt. Flüssigkristallanzeige-Vorrichtungen benötigen eine Hintergrundbeleuchtung, welche die gesamte Flüssigkristallanzeige möglichst hell und gleichmäßig ausleuchtet.

### Stand der Technik

- 5 In der WO 94/23442 ist ein Verfahren zum Betreiben einer inkohärent emittierenden Strahlungsquelle, insbesondere einer Entladungslampe, mittels dielektrisch behinderter Entladung offenbart. Das Betriebsverfahren sieht eine Folge von Wirkleistungspulsen vor, wobei die einzelnen Wirkleistungspulse durch Totzeiten voneinander getrennt sind. Dadurch brennen zwischen benachbarten Elektroden unterschiedlicher Polarität jeweils eine Vielzahl gleichartiger, in Draufsicht, also senkrecht zur Ebene, in der die Elektroden angeordnet sind, deltaähnlicher ( $\Delta$ ) einzelner Entladungen. Diese Einzelentladungen sind nebeneinander entlang der Elektroden aufgereiht, wobei sie sich jeweils in Richtung der (momentanen) Anode verbreitern. Im Fall wechselnder Polarität der Spannungspulse einer zweiseitig dielektrisch behinderten Entladung erscheint visuell eine Überlagerung zweier deltaförmiger Strukturen. Da diese Entladungsstrukturen bevorzugt mit Wiederholfrequenzen im kHz-Bereich erzeugt werden, nimmt der Betrachter nur eine der zeitlichen Auflösung des menschlichen Auges entsprechende "mittlere" Entladungsstruktur wahr, etwa in der Form einer Sanduhr. Die Anzahl der einzelnen Entladungsstrukturen ist unter anderem durch die eingekoppelte elektrische Leistung beeinflußbar. Ein weiterer Vorteil dieser gepulsten Betriebsweise ist eine hohe Effizienz der Strahlungserzeugung. Diese Betriebsweise eignet sich ebenfalls für Flachlampen der eingangs geschilderten Art, wie bereits in der WO 94/04625 belegt ist.
- 10
- 15
- 20
- 25

Aus der WO 94/04625 ist nämlich ein Flachstrahler bekannt, der entsprechend dem Betriebsverfahren der WO 94/23442 betrieben wird. Aufgrund der sehr effizienten Betriebsweise produziert der Flachstrahler relativ wenig Verlustwärme. In den Ausführungsbeispielen sind jeweils streifenförmige

- 5 Elektroden auf der Außenwandung des Entladungsgefäßes angeordnet mit den eingangs geschilderten Nachteilen. Ein weiterer Nachteil dieser Lösung ist, daß die Flächenleuchtdichte zum Rand hin deutlich abfällt. Ursache hierfür ist unter anderem der am Rand fehlende Strahlungsbeitrag von den benachbarten Bereichen außerhalb des Entladungsgefäßes. Außerdem bilden
- 10 sich die Einzelentladungen bevorzugt zwischen den Anoden und nur einer der beiden jeweils unmittelbar benachbarten Kathoden aus. Offenbar bilden sich nicht gleichzeitig zu beiden Seiten der Anodenstreifen unabhängig voneinander Einzelentladungen aus. Es kann vielmehr nicht vorhergesagt werden, von welcher der beiden Nachbarkathoden sich die Entladungen
- 15 jeweils ausbilden werden. Auf den Flachstrahler als Ganzes bezogen resultiert dadurch eine unregelmäßige Entladungsstruktur und folglich eine zeitlich und räumlich ungleichförmige Flächenleuchtdichte.

Eine gleichförmige Flächenleuchtdichte ist aber für zahlreiche Anwendungen derartiger Strahler wünschenswert. So wird beispielsweise für die Hinterleuchtung von LCD's eine visuelle Gleichförmigkeit gefordert, deren Modulationstiefe 15 % nicht überschreitet.

In der DE 195 48 003 A1 ist eine Schaltungsanordnung angegeben, mit deren Hilfe sich unipolare Impulsspannungsfolgen erzeugen lassen, wie sie insbesondere für den effizienten Betrieb von einseitig dielektrisch behinderten Entladungen benötigt werden. Auch an überwiegend kapazitiv wirkenden Lasten – wie dielektrisch behinderten Entladungsanordnungen – werden glatte Impulsformen mit geringen Schaltungsverlusten erzielt.

In der EP 0 363 832 ist unter anderem ein UV-Hochleistungsstrahler mit streifenförmigen Elektroden offenbart, die auf der Innenwandung der Bodenplatte des Entladungsgefäßes angeordnet sind. Über Stromdurchführungen zum Verbinden der inneren Elektroden mit einer Spannungsquelle sind 5 allerdings keine Angaben enthalten. Der UV-Hochleistungsstrahler wird mit sinusförmiger Wechselspannung betrieben. Bekanntermaßen sind die erzielbaren UV-Ausbeuten bei Wechselspannungsbetrieb auf weniger als ca. 15 % begrenzt. Für eine effiziente Hintergrundbeleuchtung von LCD-Systemen sind aber höhere Ausbeuten erforderlich. Außerdem ist auch ein Ausführungsbeispiel mit in der Bodenplatte integrierten Kühlkanälen angegeben, 10 was für viele Anwendungen, insbesondere im Bürobereich sowie im mobilen Einsatz unpraktisch ist.

Aus der EP 0 607 453 ist eine Flüssigkristallanzeige mit einer Flächenbeleuchtungsvorrichtung bekannt. Die Flächenbeleuchtungsvorrichtung besteht im wesentlichen aus einem plattenförmigen Lichtleiter und mindestens 15 einer gebogenen stabförmigen Leuchtstofflampe. Die Leuchtstofflampe ist entsprechend der Biegung an zwei oder mehr aneinander stoßenden Kanten der Lichtleiterplatte angeordnet. Dadurch wird das Licht bereits einer Leuchtstofflampe an den mindestens zwei Kanten in die Lichtleiterplatte 20 eingekoppelt und durch die der Flüssigkristallanzeige zugewandten Plattenoberfläche gestreut. Durch diese Maßnahme soll eine gute Ausleuchtung erreicht werden, ohne daß entsprechend viele Lampen erforderlich sind. Der Nachteil dieser Lösung ist, daß auf eine Lichtleiterplatte nicht verzichtet werden kann. Ferner sind zusätzlich äußere Reflektoren entlang der Lampen 25 vorgesehen, welche einen Teil des Lampenlichts seitlich in die Lichtleiterplatte reflektieren. Dennoch entstehen bei der Umverteilung von der linearen (stabförmige Leuchtstofflampe) in die flächige (Lichtleiterplatte) Lichtquelle unvermeidbare Einkoppel- sowie Streuverluste, welche die erzielbare Flächenleuchtdichte vermindern. Darüber hinaus ist die Lebensdauer der

Flächenbeleuchtungsvorrichtung durch die Leuchtstofflampen begrenzt. Bei der Verwendung von mehreren Leuchtstofflampen wächst zunehmend die Fehleranfälligkeit der gesamten Vorrichtung.

Weitere Nachteile bei auf Quecksilber-Niederdruckentladungen basierenden

5 Leuchtstofflampen resultieren aus den Eigenschaften des Quecksilbers selbst. Zum einen muß das Quecksilber erst seinen Betriebsdampfdruck erreichen, d.h. derartige Leuchtstofflampen zeigen ein ausgeprägtes Anlaufverhalten, was ein Abschalten eines damit ausgerüsteten PC-Monitors während einer Arbeitspause als wenig ratsam erscheinen läßt. Außerdem ist

10 Quecksilber gesundheitsschädlich und muß daher als Sondermüll entsorgt werden.

### Darstellung der Erfindung

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine Flachleuchtstofflampe mit streifenartigen inneren Elektroden gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bereitzustellen, die eine Elektrodenstruktur und Stromdurchführungen aufweist derart, daß der Flachstrahler - weitgehend unabhängig von der Größe und damit der Anzahl der Elektroden - in relativ wenigen Fertigungsschritten und folglich kostengünstig herstellbar ist. Ein weiterer Aspekt ist die fertigungstechnisch einfache Gestaltung der Elektrodenstrukturen, die eine kostengünstige Realisierung von Flachleuchtstofflampen mit

15 erhöhter und gleichmäßiger Flächenleuchtdichte ermöglicht.

20

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Besonders vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in den davon abhängigen Ansprüchen.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Beleuchtungssystem gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 18 bereitzustellen. Diese

Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 18 gelöst.

Schließlich ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Flüssigkristallanzeige-Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 19 bereitzustellen. Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 19 gelöst.

Die Grundidee des ersten Teils der Erfindung besteht darin, die inneren Elektroden inklusive Durchführungen und äußeren Stromzuführungen als drei funktionell unterschiedliche Abschnitte jeweils einer einzigen kathoden- 10 bzw. anodenseitigen zusammenhängenden, leiterbahnähnlichen Struktur auszubilden.

Durch dieses Konzept lassen sich die drei genannten funktionell unterschiedlichen Teile – innere Elektroden, Durchführungen und äußere Stromzuführungen – quasi gleichzeitig in einem gemeinsamen Fertigungsschritt, 15 vorzugsweise mittels Drucktechnik herstellen. Gegenüber dem Stand der Technik ist die Anzahl der Handhabungs- und Fertigungsschritte dadurch deutlich reduziert. Außerdem entfallen Verbindungen mittels Löten o.ä. zwischen den Einzelkomponenten.

Die beiden Strukturen bieten außerdem den Vorteil der nahezu beliebigen 20 Formbarkeit. Dadurch lassen sich auf herstellungstechnisch einfache und kostengünstige Weise die auf eine gleichmäßige Flächenleuchtdichte bis zu den Rändern hin optimierten Formen der Elektroden realisieren. Dafür ist z.B. lediglich ein strukturiertes Drucksieb entsprechend zu gestalten. Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist, daß das konstruktive Konzept die kosten- 25 günstige Fertigung nahezu beliebig großer Flachleuchtstofflampen ermöglicht, da alle Fertigungsschritte praktisch unabhängig von der Größe des Strahlers immer gleichartig realisiert werden können. Damit lassen sich pas-

sende Flachlampen für die Hintergrundbeleuchtung unterschiedlich großer Flüssigkristallanzeigen wirtschaftlich realisieren. Weitere Vorteile sind die hohe Leuchtdichte und die hohe Lichtausbeute, eine typische spezifische Lichtstärke beträgt ca. 8 cd/W für eine Lampe einschließlich optischem Dif-  
5 fusor. Im folgenden sind eine Reihe weiterer Vorteile der Flachlampen in Verbindung mit der gepulsten Betriebsweise aufgeführt. Da gepulst betrie-  
bene, dielektrisch behinderte Entladungen eine positive Strom-  
Spannungskennlinie besitzen, lassen sich beliebig viele Einzelentladungen  
nebeneinander anordnen, so daß im Prinzip nahezu beliebig große  
10 Flachlampen realisierbar sind. Außerdem sind diese Flachlampen mit nur  
einem elektrischen Vorschaltgerät betreibbar. Da die Füllung der Lampe  
kein Quecksilber enthält, ist eine Gefährdung durch giftige Quecksilber-  
dämpfe ausgeschlossen und die Entsorgungsproblematik entfällt. Ein weite-  
rer Vorteil der quecksilberfreien Füllung ist der Sofortstart der Lampe ohne  
15 Anlaufverhalten. Aufgrund der schichtartigen Elektrodenstruktur ohne fili-  
grane Einzelteile ist die Lampe zudem äußerst robust und hat eine lange  
Lebensdauer.

Erfindungsgemäß ist das Entladungsgefäß aus einer Bodenplatte und einer Deckenplatte aufgebaut, die durch einen Rahmen und mittels Lot, z.B.  
20 Glaslot, miteinander zu einem geschlossenen Entladungsgefäß verbunden  
sind. Auf der Innenwandung des Entladungsgefäßes sind gasdicht strei-  
fenähnliche Elektroden direkt auf der Boden- und/oder Deckenplatte aufge-  
bracht - ähnlich wie Leiterbahnen auf einer elektrischen Leiterplatte -, z.B.  
durch Aufdampfen, mittels Siebdruck mit anschließendem Einbrennen oder  
25 ähnlichen Techniken.

Die Elektrodenstreifen sind jeweils mit einem Ende durch das Lot hindurch  
gasdicht nach außen geführt. Die Dichtung zwischen Durchführung und  
Rahmen sowie zwischen Rahmen und Boden- bzw. Deckenplatte übernimmt  
das Lot.

Um Spannungen durch unterschiedliche Wärmeausdehnungen gering zu halten, und um die Gasdichtheit auch im Dauerbetrieb zu gewährleisten, sind die Materialien für Lot und Rahmen sowie Boden- und Deckenplatte aufeinander abgestimmt. Außerdem sind die Dicken der vorzugsweise metallischen Elektrodenstreifen so dünn gewählt, daß einerseits die Wärmespannungen gering bleiben und daß andererseits die im Betrieb erforderlichen Stromstärken realisiert werden können.

Dabei kommt einer ausreichend hohen Stromtragfähigkeit der Leiterbahnen insofern eine besondere Bedeutung zu, als die für derartige Flachlampen angestrebten hohen Lichtstärken letztendlich hohe Stromstärken bedingen. Bei Flachleuchtstofflampen für die Hinterleuchtung von Flüssigkristallanzeigen (LCD) ist nämlich aufgrund der geringen Transmission derartiger Anzeigen von typisch 6% eine besonders hohe Lichtstärke unabdingbar. Nochmals verschärft wird diese Problematik bei der bevorzugten gepulsten Betriebsweise der Entladung, da während der relativ kurzen Dauer der repetitiven Wirkleistungseinkopplung besonders hohe Ströme in den Leiterbahnen fließen. Nur so ist es möglich, auch ausreichend hohe mittlere Wirkleistungen einzukoppeln und dadurch im zeitlichen Mittel die gewünschte hohe Lichtstärke zu erzielen.

Um die vorgenannte hohe Stromtragfähigkeit zu gewährleisten, werden relativ dicke Leiterbahnen verwendet. Zu geringe Leiterbahndicken bergen nämlich die Gefahr der Rißbildung aufgrund lokaler Überhitzung der Leiterbahnen. Die Erwärmung der Leiterbahnen durch den ohmschen Anteil des Leiterbahnstromes ist umso höher, je geringer die Querschnittsfläche der Leiterbahnen ist. Der Breite der Leiterbahnen sind aber Grenzen gesetzt, unter anderem weil mit zunehmender Breite die Abschattung der leuchtenden Fläche des Flachstrahlers durch die Leiterbahnen ebenfalls zunimmt. Deshalb werden eher schmale, dafür aber möglichst dicke Leiterbahnen angestrebt, um das Problem der Rißbildung aufgrund von Wärmeentwicklung

durch hohe Stromdichten in den Leiterbahnen zu lösen. Typische Dicken für Leitsilberstreifen liegen im Bereich von 5  $\mu\text{m}$  bis 50  $\mu\text{m}$ , bevorzugt im Bereich von 5,5  $\mu\text{m}$  bis 30  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt im Bereich von 6  $\mu\text{m}$  bis 15  $\mu\text{m}$ .

- 5 Allerdings lassen derart dicke Leiterbahnen auf relativ ausgedehnten flachen Trägermaterialien, wie sie bei Flachlampen verwendet werden, Rißbildung durch Materialspannungen erwarten, die beispielsweise aus den Biegebelastungen beim Evakuieren des Entladungsgefäßes während des Herstellungsprozesses resultieren können. Der Grund für die wachsende
- 10 Gefahr von Rißbildung ist die Abhängigkeit der Dehnungsgrenze  $\varepsilon$  einer Schicht von deren Dicke  $d$  gemäß  $\varepsilon \propto 1/\sqrt{d}$ . Demnach ist die Dehnungsgrenze umso geringer, je größer die Schichtdicke ist. Außerdem wächst mit zunehmender Schichtdicke die Wahrscheinlichkeit von Diskontinuitäten innerhalb der Schicht dramatisch. Diese Diskontinuitäten führen zu lokal erhöhten Zugspannungen innerhalb der Schicht. Daraus folgt schließlich die Gefahr der Ablösung der Schicht vom Trägermaterial.
- 15

Überraschenderweise hat es sich gezeigt, daß dennoch Flachlampen mit derart dicken Leiterbahnen gasdicht hergestellt werden können und daß darüber hinaus die Lebensdauer durchaus einige tausend Stunden betragen

- 20 kann.

Möglicherweise tragen dazu auch gezielt in geeignetem Abstand voneinander zwischen Boden- und Deckenplatte angeordnete Stützstellen, beispielsweise in Form von Glaskugeln, bei, die dem Flachstrahler eine ausreichende Biegestabilität verleihen, ohne eine unakzeptabel starke Abschattung zu bewirken.

- 25

Nach dem gegenwärtigen Stand der Erkenntnis werden unter anderem die beiden Parameter  $P_1 = d_{st} \cdot d_E$  und  $P_2 = d_{st}/d_{Pl}$  als relevant für die Lebens-

dauer des Flachstrahlers angesehen, wobei  $d_s$  den Abstand der Stützstellen zueinander bzw. zur begrenzenden Seitenwand,  $d_E$  die Dicke der Elektrodenbahnen und  $d_B$  die kleinere der beiden Dicken von Boden- bzw. Deckenplatte bezeichnen. Typische Werte für  $P_1$  liegen im Bereich von 5 50 mm  $\mu\text{m}$  bis 680 mm  $\mu\text{m}$ , bevorzugt im Bereich von 100 mm  $\mu\text{m}$  bis 500 mm  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt von 200 mm  $\mu\text{m}$  bis 400 mm  $\mu\text{m}$ . Typische Werte für  $P_2$  liegen im Bereich von 8 bis 20, bevorzugt im Bereich von 9 bis 18, besonders bevorzugt von 10 bis 15.

10 Gute Erfahrungen wurden beispielsweise mit 10  $\mu\text{m}$  dicken aufgedruckten Silberschichten und zwischen jeweils 2,5 mm dicken Boden- und Deckenplatte im gegenseitigen Abstand von ca. 34 mm mittels Glaslot eingepaßten Glaskugeln gemacht. Aus diesen Werten resultieren  $P_1 = 340 \text{ mm } \mu\text{m}$  und  $P_2 = 13,6$ .

15 Wie bereits erwähnt, ist es vor dem Hintergrund der Gefahr der Rißbildung im Prinzip vorteilhaft, die, wegen der erforderlichen hohen Stromtragfähigkeit ebenfalls erforderlichen großen Querschnittsflächen der Leiterbahnen, statt hauptsächlich mittels großer Dicke, auch mittels entsprechender Breite der Leiterbahnen zu realisieren. Insbesondere wenn Elektroden sowohl auf der Boden- als auch auf der Deckenplatte, d.h. folglich auch auf der Innenseite der primären Leuchtfäche des Flachstrahlers angeordnet sind, läßt sich die Problematik der Abschattung durch die Leiterbahnen selbst wie folgt 20 zumindest mildern.

Zu diesem Zweck sind die Anoden und/oder Kathoden jeweils aus zwei 25 miteinander gekoppelten, elektrisch leitfähigen Komponenten zusammenge- setzt. Die erste Komponente ist als relativ schmaler Streifen ausgebildet, be- steht dafür aber aus hochstromtragfähigem Material, vorzugsweise aus Metall, z.B. Gold oder Silber. Die zweite Komponente ist als gegenüber der ersten Komponente breiterer Streifen ausgeführt. Dafür ist er gezielt aus einem

für sichtbare Strahlung im wesentlichen transparenten Material gewählt, z.B. aus Indium-Zinn-Oxid (ITO). Aufgrund der dadurch möglichen größeren Breite des Streifens, ist trotz gegebenenfalls geringerer elektrischer Leitfähigkeit eine in der Summe ebenfalls ausreichende Stromtragfähigkeit der 5 zweiten Komponente gegeben. Beide Komponenten befinden sich miteinander in elektrischem Kontakt. Auf diese Weise ist auch eine ausreichend große Elektrodenfläche – ein wichtiger Parameter für die dielektrisch behinderte Entladung – realisiert.

In einer Variante sind die beiden Komponenten durch ein Dielektrikum 10 voneinander galvanisch getrennt. Die Kopplung zwischen den beiden Komponenten erfolgt kapazitiv. Bevorzugt ist die zweite Komponente näher zum Innern des Entladungsgefäßes angeordnet, als die erste Komponente. Außerdem ist nur die erste Komponente als Durchführung sowie Stromzuführung nach außen weitergeführt. Die zweite Komponente dient in diesem Fall 15 lediglich zur Vergrößerung der effektiven Elektrodenfläche innerhalb des Entladungsgefäßes.

Zumindest die Innenwandung der Deckenplatte ist mit einem Leuchtstoffgemisch beschichtet, welches im Betrieb die UV/VUV-Strahlung der Gasentladung in weißes Licht konvertiert. Um einen möglichst großen Anteil der 20 UV/VUV-Strahlung konvertieren zu können, d.h. um den Lichtstrom zu maximieren, ist die Innenwandung des Entladungsgefäßes komplett, d.h. Deckenplatte, Rahmen und Bodenplatte mit dem Leuchtstoffgemisch beschichtet.

Die äußeren Stromzuführungen sind auf einem äußeren Rand der Boden- 25 und/oder Deckenplatte und/oder des Rahmens angeordnet. Dazu ist oder sind gegebenenfalls die Boden- bzw. die Deckenplatte, zumindest auf den Seiten der Flachlampe, an denen die Durchführungen aus dem Inneren des Entladungsgefäßes nach außen führen, über den Rahmen hinaus verlängert.

Außerhalb des Entladungsgefäßes enden die Elektrodenstreifen nach dem Durchführungsbereich in einer der Anzahl der Elektrodenstreifen entsprechenden Anzahl von äußeren Stromzuführungen. Jeder Elektrodenstreifen ist also für sich betrachtet als eine leiterbahnähnliche Struktur ausgebildet,

5 welche jeweils die drei folgenden, funktionell unterschiedlichen Teilbereiche umfaßt: innerer Elektrodenbereich, Durchführungsbereich und äußerer Stromzuführungsbereich.

Die Verbindung der Stromzuführungen gleicher Polarität mit den beiden Polen einer Impulsspannungsquelle erfolgt beispielsweise mit Hilfe einer

10 geeigneten Stecker-Kabelkombination.

Zusätzlich können die Elektrodenstreifen gleicher Polarität in je eine gemeinsame, busartige äußere Stromzuführung übergehen. Im Betrieb können diese beiden äußeren Stromzuführungen direkt mit je einem Pol der Spannungsquelle verbunden werden. In diesem Fall kann auf eine spezielle Stecker-Kabelkombination verzichtet werden.

In einer ersten Ausführung sind die streifenartigen Elektroden nebeneinander auf der Bodenplatte angeordnet (Fall I). Dadurch ergibt sich im Betrieb eine im wesentlichen flächenartige Entladungsstruktur. Der Vorteil ist, daß Abschattungen durch die Elektroden auf der leuchtenden Deckenplatte

20 vermieden werden. Zwischen den Kathodenstreifen sind jeweils zwei zueinander parallele Anodenstreifen, d.h. ein Anodenpaar, statt bisher ein einzelner Anodenstreifen angeordnet. Dadurch wird das eingangs geschilderte Problem behoben, daß beim zitierten Stand der Technik jeweils nur von einem von zwei benachbarten Kathodenstreifen Einzelentladungen in Richtung zum dazwischen liegenden einzelnen Anodenstreifen brennen.

In einer Variante sind die beiden Anodenstreifen jedes Anodenpaares in Richtung zu ihren jeweiligen beiden Schmalseiten hin verbreitert. Entlang

der Verbreiterung wird eine zunehmende elektrische Stromdichte und folglich auch eine zunehmende Leuchtdichte der Einzelentladungen erzielt. Der Vorteil ist eine relativ gleichmäßige Leuchtdichteverteilung bis zu den Rändern der Flachlampe.

- 5 Die Anodenstreifen sind bezüglich ihrer Längsachse asymmetrisch in Richtung zum jeweiligen anodischen Partnerstreifen verbreitert. Durch diese Maßnahme bleibt der jeweilige Abstand zur Nachbarkathode trotz Verbreiterung der Anodenstreifen durchgängig konstant. Folglich sind im Betrieb auch die Zündbedingungen für alle Einzelentladungen entlang der Elektrodenstreifen gleich. Somit ist sichergestellt, daß sich die Einzelentladungen entlang der gesamten Elektrodenlänge aufgereiht ausbilden (ausreichende elektrische Eingangsleistung vorausgesetzt).
- 10

Die Anodenstreifen können ebenso in Richtung zur jeweiligen Nachbarkathode verbreitert sein, ohne daß die vorteilhafte Wirkung der Verbreiterung 15 prinzipiell verloren ginge. Allerdings ist in diesem Fall die Verbreiterung nur relativ schwach ausgebildet. Dadurch wird verhindert, daß sich die Entladungen ausschließlich an der Stelle der größten Breite des Anodenstreifens, d.h. an der Stelle der in diesem Fall kürzesten Schlagweite, ausbilden. Die Verbreiterung ist deutlich kleiner als die Schlagweite, typisch etwa ein 20 Zehntel der Schlagweite. Ferner können beide Verbreiterungsvarianten auch kombiniert sein, d.h. die Verbreiterung ist dann sowohl in Richtung zum jeweiligen Anodenpartnerstreifen als auch zur Nachbarkathode ausgebildet.

Die Elektrodenstruktur für eine zweiseitig behinderte Entladung ist vorzugsweise symmetrisch ausgeführt, da in diesem Fall die Polarität der Elektroden wechselt. Folglich wirkt jede Elektrode abwechselnd als Anode bzw. 25 Kathode. Die prinzipiellen Verhältnisse der Struktur sind in der Figur 1 schematisch dargestellt. Die gesamte leiterbahnähnliche Struktur 100 besteht aus einem ersten Teil 101 und einem zweiten Teil 102. Beide Teile 101,102

weisen die bereits beschriebenen Doppelanodenstreifen 103a und 103b bzw. 104a und 104b auf, wobei die Doppelanodenstreifen 103a,b des ersten Teils 101 und die Doppelanodenstreifen 104a,b des zweiten Teils 102 der Struktur abwechselnd nebeneinander angeordnet sind. Beide Teile 101,102 der Elektrodenstruktur sind mit einer dielektrischen Schicht (nicht dargestellt) bedeckt. An ihnen einander wechselseitig gegenüberliegenden Enden münden die Doppelanodenstreifen 103a,b; bzw. 104a,b in busartige äußere Stromzuführungen 105; 106 ein. Im Betrieb werden die beiden äußeren Stromzuführungen 105; 106 mit je einem Pol der Spannungsquelle (nicht dargestellt) verbunden.

In einer Variante für eine ein- oder zweiseitig behinderte Entladung mit unipolaren Spannungspulsen weisen die Kathodenstreifen gezielt räumlich bevorzugte Ansatzpunkte für die Einzelentladungen auf. Zur Verdeutlichung der prinzipiellen Verhältnisse ist die Elektrodenstruktur für eine 15 Flachlampe mit einer Diagonale von 6,8" in der Figur 2 schematisch dargestellt. Die anodenseitige Struktur 107 weist die bereits mehrfach erwähnten Doppelanodenstreifen 108a und 108b auf. Den beidseitigen Abschluß der anodenseitigen Struktur 107 bildet je ein einzelner Anodenstreifen 109 und 110. Bei den Kathodenstreifen 111 der kathodenseitigen Struktur 112 sind die 20 bevorzugten Ansatzpunkte durch nasenartige, dem jeweils benachbarten Anodenstreifen zugewandte Fortsätze 113 realisiert. Sie bewirken lokal begrenzte Verstärkungen des elektrischen Feldes und folglich, daß die deltaförmigen Einzelentladungen (nicht dargestellt) ausschließlich an diesen Stellen 113 zünden. Dadurch läßt sich im Betrieb eine gleichmäßige Verteilung der Einzelentladungen innerhalb des flachen Entladungsgefäßes quasi erzwingen. Ohne die Fortsätze würden sich die Einzelentladungen während 25 des vertikalen Betriebs aufgrund der Konvektion zunehmend in den oberen Bereich der Flachlampe verschieben. Bevorzugt sind die Fortsätze zu den jeweiligen beiden Schmalseiten der streifenartigen Kathoden räumlich zu-

nehmend dichter angeordnet (nicht dargestellt; vgl. Figur 3a). Der Vorteil ist wiederum eine relativ gleichmäßige Leuchtdichteverteilung bis zu den Rändern der Flachlampe, d.h. dem eingangs erwähnten Nachteils des Randabfalls der Leuchtdichte im Stand der Technik wird dadurch wirksam abgeholfen. Die Anoden- 109a,b und Kathodenstreifen 111 münden an ihren wechselseitig gegenüberliegenden Enden in eine anodenseitige 114 bzw. kathodenseitige 115 busartige äußere Stromzuführung ein. Im Betrieb wird die anodenseitige Stromzuführung 114 mit dem Pluspol (+) und die kathodenseitige Stromzuführung 115 mit dem Minuspol (-) einer unipolare Spannungspulse liefernden Spannungsquelle (nicht dargestellt) verbunden.

Außerdem kann in einer Ausführung das Merkmal der Verbreiterung der Doppelanodenstreifen auch mit dem Merkmal der Verdichtung der Kathodenfortsätze kombiniert sein.

In einer weiteren Ausführung sind Anoden- und Kathodenstreifen auf verschiedenen Platten angeordnet (Fall II). Im Betrieb brennen die Entladungen folglich von den Elektroden der einen Platte durch den Entladungsraum hindurch zu den Elektroden der anderen Platte. Dabei sind jedem Kathodenstreifen zwei Anodenstreifen zugeordnet derart, daß im Querschnitt bezüglich der Elektroden betrachtet jeweils die gedachte Verbindung von Kathoden- und korrespondierenden Anodenstreifen die Form eines „V“ ergibt. Auf diese Weise wird erreicht, daß die Schlagweite größer als der Abstand zwischen Boden- und Deckenplatte ist. Wie sich gezeigt hat, lassen sich mit dieser Anordnung höhere UV-Ausbeuten erzielen als wenn Anoden und Kathoden auf nur einer Platte wechselweise nebeneinander angeordnet sind.

Nach dem gegenwärtigen Stand der Erkenntnis wird dieser positive Effekt verminderten Wandverlusten zugeschrieben. Vorzugsweise sind die Doppelanodenstreifen auf der primär der Lichtauskopplung dienenden Deckenplatte und die Kathodenstreifen auf der Bodenplatte angeordnet. Der Vorteil ist die geringe Abschattung des von der Deckenplatte emittierten

Nutzliches, da die Anodenstreifen schmäler als die Kathodenstreifen ausgeführt sind.

Bei der Typ-II-Flachlampe lassen sich die zuvor erläuterten zweiteiligen Elektroden mit besonderem Nutzen zur Verminderung des Abschattungseffekts verwenden. Zu diesem Zweck sind vorteilhaft zumindest die Anodenstreifen jeweils aus einer schmalen hochstromtragfähigen und einer breiten transparenten Komponenten zusammengesetzt.

Außerdem ist es auch für den Fall II vorteilhaft, wenn die Kathodenstreifen wie im Fall I Fortsätze aufweisen. Für einen möglichst geringen Randabfall der Leuchtdichte ist zudem eine Verdichtung dieser Fortsätze und/oder eine Verbreiterung der Anodenstreifen zum Rand der Flachlampe hin vorteilhaft.

Ferner ist es vorteilhaft auf die Bodenplatte eine lichtreflektierende Schicht, z.B.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und/oder  $\text{TiO}_2$ , aufzubringen. Dadurch wird verhindert, daß ein Teil des weißen Lichtes, welches von der Leuchtstoffschicht durch die Konvertierung der UV/VUV-Strahlung emittiert wird, durch die Bodenplatte transmittiert wird und für die Nutzrichtung durch die Bodenplatte verloren geht.

Im Innern des Entladungsgefäßes befindet sich ein Edelgas, vorzugsweise Xenon und eventuell ein oder mehrere Puffergase, z.B. Argon oder Neon. Der Innendruck beträgt typisch ca. 10 kPa bis ca. 100 kPa.

Insbesondere für relativ große Flachlampen ist es unter Umständen angebracht, Kugeln aus einem elektrisch isolierenden Material, z.B. Glas, als Abstandshalter bzw. Stützstellen zwischen Boden- und Deckenplatte einzubringen. Dadurch erhöht sich die mechanische Stabilität und vermindert sich die Implosionsgefahr aufgrund des Druckunterschieds zwischen innen und außen. Es ist zweckmäßig, die Kugeln mittels Lot zu fixieren. Außerdem ist es vorteilhaft, auch die Stützstellen mit einer Reflexions- und einer Leucht-

stoffschicht zu versehen, um die Leuchtdichte der Flachlampe zu maximieren.

Außerdem wird Schutz für ein Beleuchtungssystem beansprucht, welches aus der vorgenannten neuen Flachlampe und einer Impulsspannungsquelle 5 besteht.

Das erfindungsgemäße Beleuchtungssystem wird durch eine Impulsspannungsquelle komplettiert, deren Ausgangspole mit den äußeren Stromzuführungen der Elektroden des Entladungsgefäßes verbunden sind und die im Betrieb eine Folge von Spannungspulsen liefert. Eine geeignete Schaltungsanordnung zum Erzeugen unipolare Impulsspannungsfolgen ist in der 10 deutschen Patentanmeldung P 195 48 003.1 beschrieben. Das Beleuchtungssystem kann auch mit unipolaren und bipolaren Impulsspannungen betrieben werden, wie sie z.B. von der in der WO96/05653 offenbarten Schaltung erzeugt werden.

15 Ferner wird Schutz für eine Flüssigkristallanzeige-Vorrichtung beansprucht, welche das vorgenannte Beleuchtungssystem als Hintergrundbeleuchtung für die Flüssigkristallanzeige verwendet.

Die erfindungsgemäße Flüssigkristallanzeige-Vorrichtung wiederum verwendet dieses Beleuchtungssystem als Hintergrundbeleuchtung für die Flüssigkristallanzeige. Zu diesem Zweck enthält die Vorrichtung eine Aufnahme, 20 in der die Flüssigkristallanzeige inklusive Steuerelektronik zum Ansteuern der Flüssigkristallanzeige sowie das Beleuchtungssystem angeordnet sind. Das Beleuchtungssystem und die Flüssigkristallanzeige sind dabei so zueinander orientiert, daß die Deckenplatte der Flachlampe des Beleuchtungssystems die Hinterseite der Flüssigkristallanzeige beleuchtet. Optional ist zwischen der Flachlampe und der Flüssigkristallanzeige ein optischer 25 Diffusor angeordnet. Er dient dazu, Ungleichmäßigkeiten der Flächen-

leuchtdichte der Flachlampe zu glätten. Dies ist insbesondere bei großflächigen Anzeigen vorteilhaft, um Abschattungen durch die als Stützstellen fungierenden Glaskugeln auszugleichen. Ferner sind optional zwischen der Flachlampe und der Flüssigkristallanzeige bzw. gegebenenfalls zwischen 5 dem Diffusor und der Flüssigkristallanzeige sogenannte Lichtverstärkungsfolien, auch als BEF (Brightness Enhancement Film) bekannt, angeordnet. Sie dienen dazu, das Licht der Hintergrundbeleuchtung in einen engeren Raumwinkel zu konzentrieren und folglich die Helligkeit innerhalb des Be-10 trachtungswinkelbereichs zu erhöhen. Die quecksilberfreie Füllung der Flachlampe ermöglicht einen Sofortstart ohne Anlaufverhalten. Dies ermög-15 licht es, auch bei kurzzeitiger Nichtbenutzung der Anzeigevorrichtung, z.B. während einer Arbeitspause, die Flachlampe auszuschalten und folglich elektrische Energie einzusparen. Vorteilhaft ist außerdem, daß die vorgeschlagene Flüssigkristallanzeige-Vorrichtung ohne äußere Reflektoren und Lichtleiteinrichtungen auskommt, wodurch sich die Anzahl der Komponen-ten und folglich die Systemkosten reduzieren.

#### Beschreibung der Zeichnungen

Im folgenden soll die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden. Es zeigen:

20 Figur 1 das Prinzip einer erfindungsgemäßen Elektrodenstruktur für eine zweiseitig behinderte Entladung,

Figur 2 die prinzipiellen Verhältnisse der Elektrodenstruktur für eine vor-25 zugsweise mit unipolaren Spannungspulsen zu betreibende Flachlampe mit einer Diagonale von 6,8",

Figur 3a eine schematische Darstellung einer teilweise durchbrochenen Draufsicht einer erfindungsgemäßen Flachlampe mit auf der Bodenplatte angeordneten Elektroden,

5 Figur 3b eine schematische Darstellung einer Seitenansicht der Flachlampe aus Figur 3a.

Figur 4 die Schnittdarstellung der Durchführung einer Doppelanode,

Figur 5 eine Flachlampe mit Impulsspannungsquelle,

10 Figur 6a eine schematische Darstellung einer Seitenansicht einer Flachlampe mit sowohl auf der Boden- als auch auf der Deckenplatte angeordneten Elektroden,

Figur 6b eine Teilschnittdarstellung einiger Durchführungen der Flachlampe aus Figur 6a,

Figur 7 eine erfindungsgemäße Flüssigkristallanzeigevorrichtung einschließlich Flachlampe.

15 Figur 8a eine schematische Darstellung einer teilweise durchbrochenen Draufsicht einer weiteren erfindungsgemäßen Flachlampe mit auf der Bodenplatte angeordneten Elektroden,

Figur 8b eine schematische Darstellung einer Seitenansicht der Flachlampe aus Figur 8a,

20 Figur 9 eine Teilschnittdarstellung einer Flachlampe mit zweiteiligen Anoden.

Die Figuren 3a, 3b zeigen in schematischer Darstellung eine Draufsicht bzw. Seitenansicht einer flachen Leuchtstofflampe, die im Betrieb weißes Licht

emittiert. Sie ist als Hintergrundbeleuchtung für ein LCD (Liquid Crystal Display) konzipiert.

Die Flachlampe 1 besteht aus einem flachen Entladungsgefäß 2 mit rechteckiger Grundfläche, vier streifenartigen metallischen Kathoden 3,4 (-) sowie 5 dielektrisch behinderten Anoden (+), wovon drei als längliche Doppelanoden 5 und zwei als einzelne streifenartigen Anoden 6 ausgebildet sind. Das Entladungsgefäß 2 besteht seinerseits aus einer Bodenplatte 7, einer Deckenplatte 8 und einem Rahmen 9. Bodenplatte 7 und Deckenplatte 8 sind jeweils mittels Glaslot 10 mit dem Rahmen 9 gasdicht verbunden derart, 10 daß das Innere 11 des Entladungsgefäßes 2 quaderförmig ausgebildet ist. Die Bodenplatte 7 ist größer als die Deckenplatte 8 derart, daß das Entladungsgefäß 2 einen umlaufenden freistehenden Rand aufweist. Die Innenwandung der Deckenplatte 8 ist mit einem Leuchtstoffgemisch beschichtet (in der Darstellung nicht sichtbar), welches die von der Entladung erzeugte 15 UV/VUV-Strahlung in sichtbares weißes Licht konvertiert. Es handelt sich dabei um einen Dreibanderleuchtstoff mit der Blaukomponente BAM (BaMgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>: Eu<sup>2+</sup>), der Grünkomponente LAP (LaPO<sub>4</sub>: [Tb<sup>3+</sup>, Ce<sup>3+</sup>]) und der Rotkomponente YOB ([Y, Gd]BO<sub>3</sub>: Eu<sup>3+</sup>). Der Durchbruch in der Deckenplatte 8 dient lediglich darstellerischen Zwecken und gibt den Blick 20 auf einen Teil der Kathoden 3,4 und Anoden 5,6 frei.

Die Kathoden 3,4 und Anoden 5,6 sind abwechselnd und parallel auf der Innenwandung der Bodenplatte 7 angeordnet. Die Anoden 6,5 und Kathoden 3,4 sind jeweils an ihrem einen Ende verlängert und auf der Bodenplatte 7 aus dem Innern 11 des Entladungsgefäßes 2 beidseitig nach außen geführt derart, daß die zugehörigen anodischen 12 bzw. kathodischen Durchführungen auf zueinander entgegengesetzten Seiten der Bodenplatte 7 angeordnet sind. Auf dem Rand der Bodenplatte 7 gehen die Elektrodenstreifen 3,4,5,6 jeweils in kathodenseitige 13 bzw. anodenseitige 14 äußere Stromzuführung über. Die äußeren Stromzuführungen 13,14 dienen als Kontakte 25

für die Verbindung mit vorzugsweise einer elektrischen Impulsspannungsquelle (nicht dargestellt). Die Verbindung mit den beiden Polen einer Spannungsquelle geht üblicherweise wie folgt von statt. Zunächst werden die einzelnen anodischen und kathodischen Stromzuführungen jeweils unter 5 einander verbunden, z.B. mittels je eines geeigneten Steckverbinders (nicht dargestellt) inklusive Verbindungsleitungen. Schließlich werden die beiden gemeinsamen anodischen bzw. kathodischen Verbindungsleitungen mit den zugehörigen beiden Polen der Spannungsquelle verbunden.

Im Innern 11 des Entladungsgefäßes 2 sind die Anoden 5,6 vollständig mit 10 einer Glasschicht 15 bedeckt, deren Dicke ca. 250 µm beträgt.

Die beiden Anodenstreifen 5a,5b jedes Anodenpaars 5 sind in Richtung zu den beiden Rändern 16,17 der Flachlampe 1, die senkrecht zu den Elektrodenstreifen 3-6 orientiert sind verbreitert und zwar asymmetrisch ausschließlich in Richtung auf den jeweiligen Partnerstreifen 5b bzw. 5a zu. Der 15 gegenseitige größte Abstand der beiden Streifen jedes Anodenpaars 5 beträgt ca. 4 mm, der kleinste Abstand beträgt ca. 3 mm. Die beiden einzelnen Anodenstreifen 6 sind jeweils in unmittelbarer Nähe der beiden zu den Elektrodenstreifen 3-6 parallelen Rändern 18,19 der Flachlampe 1 angeordnet.

20 Die Kathodenstreifen 3;4 weisen nasenartige, der jeweils benachbarten Anode 5;6 zugewandte halbkreisförmige Fortsätze 20 auf. Sie bewirken lokal begrenzte Verstärkungen des elektrischen Feldes und folglich, daß die deltaförmigen Einzelentladungen (nicht dargestellt) ausschließlich an diesen Stellen zünden und brennen. Die Fortsätze 20 der beiden Kathoden 4, die 25 den zu den Elektrodenstreifen 3-6 parallelen Rändern 18,19 der Flachlampe 1 unmittelbar benachbart sind, sind auf den diesen Rändern 18,19 zugewandten Seiten und in Richtung zu den Schmalseiten der Elektrodenstreifen 4,5 hin dichter angeordnet als auf der der Mitte der Flachlampe 1 zuge-

wandten Seite. Der Abstand zwischen den Fortsätzen 20 und dem jeweiligen unmittelbar benachbarten Anodenstreifen beträgt ca. 6 mm. Der Radius der halbkreisförmigen Fortsätze 20 beträgt ca. 2 mm.

Die einzelnen Elektroden 3-6 inklusive Durchführungen und äußere Stromzuführungen 13,14 sind jeweils als funktionell verschiedene Abschnitte zusammenhängender leiterbahnähnlicher Strukturen aus Silber ausgebildet. Die Strukturen haben eine Dicke von ca. 10 µm und sind mittels Siebdrucktechnik und anschließendem Einbrennen direkt auf der Bodenplatte 7 aufgebracht.

10 Im Innern 11 der Flachlampe 1 befindet sich eine Gasfüllung aus Xenon mit einem Fülldruck von 10 kPa.

In einer Variante (nicht dargestellt; die Ausführung entspricht qualitativ der Darstellung in Figur 2) für die Hintergrundbeleuchtung eines 15"-Monitors sind 14 Doppelanodenstreifen und 15 Kathoden abwechselnd auf der Bodenplatte einer Flachleuchtstofflampe angeordnet. Den beidseitigen Abschluß der Elektrodenanordnung bilden je ein einzelner Anodenstreifen. Die Kathoden weisen entlang ihrer beiden Längsseiten jeweils 32 halbkreisförmige zueinander versetzt angeordnete Fortsätze auf. Die äußeren Abmessungen der Lampe betragen ca. 315 mm · 239 mm · 10 mm (Länge · Breite · Höhe). Die Wandstärke der Boden- sowie Deckenplatte beträgt jeweils ca. 2,5 mm. Der Rahmen ist aus einem Glasrohr mit einem Durchmesser von ca. 5 mm gefertigt. Zwischen Boden- und Deckenplatte sind 48 Präzisionsglaskugeln mit einem Durchmesser von 5 mm als Stützstellen äquidistant angeordnet. Die Anoden- und Kathodenstreifen münden an ihren wechselseitig gegenüberliegenden Enden in eine anodenseitige bzw. kathodenseitige busartige äußere Stromzuführung ein (vgl. auch Figur 2). Im Betrieb wird die anodenseitige Stromzuführung mit dem Plus-

pol (+) und die kathodenseitige Stromzuführung mit dem Minuspol (-) einer unipolare Spannungspulse liefernden Spannungsquelle verbunden.

In Figur 4 ist schematisch ein Teil einer Schnittdarstellung entlang der Linie AA (vgl. Figur 3a) gezeigt. Gleiche Merkmale sind mit gleichen Bezugsziffern versehen. Der dargestellte Teil umfaßt exemplarisch die Durchführung 12 einer Doppelanode 5. Bei den restlichen Elektroden ist der Aufbau prinzipiell ähnlich. Die beiden Durchführungsstreifen 12a,12b sind direkt auf der Bodenplatte 7 aufgebracht und außerdem vollständig mit der Glasschicht 15 bedeckt. Die Bodenplatte 7 mit der Durchführung 12 inklusive Glasschicht 15 sind wiederum mittels Glaslot 10 gasdicht mit dem Rahmen 9 verbunden. Ebenso ist die Deckenplatte 8 mittels Glaslot 10 gasdicht mit dem Rahmen 9 zum Entladungsgefäß 2 verbunden.

Zum Betreiben der Flachlampe 1 sind in Figur 5 die Kathoden 3,4 und Anoden 5,6 über die Stromzuführungen 13 bzw. 14 an je einen Pol 21,22 einer Impulsspannungsquelle 23 angeschlossen. Die Impulsspannungsquelle liefert im Betrieb unipolare Spannungspulse, welche durch Pausen voneinander getrennt sind. Eine hierfür geeignete Impulsspannungsquelle ist in der deutschen Patentanmeldung P19548003.1 beschrieben. Dabei bilden sich eine Vielzahl einzelner Entladungen (nicht dargestellt) aus, die zwischen den Fortsätzen 20 der jeweiligen Kathode 3;4 und dem entsprechenden unmittelbar benachbarten Anodenstreifen 5,6 brennen.

Die Figuren 6a und 6b zeigen in schematischer Darstellung eine Seitenansicht bzw. einen Teilschnitt senkrecht zu den Elektroden einer weiteren Variante der flachen Leuchtstofflampe aus Figur 3a. Hier sind die Kathoden 24 auf der Innenwandung der Deckenplatte 8 aufgebracht. Jeder Kathode 24 ist ein Anodenpaar 25a,25b zugeordnet derart, daß im Querschnitt der Figur 6b betrachtet jeweils die gedachte Verbindung von Kathoden 24- und korrespondierenden Anoden 25a,25b die Form eines auf dem Kopf stehenden „V“

ergibt. Die ungefähren Abstände zwischen den Kathoden 24, zwischen den einzelnen Anoden 25a,25b der korrespondierenden Anodenpaare untereinander sowie jeweils zwischen den einander benachbarten korrespondierenden Anodenpaaren betragen 22 mm, 18 mm bzw. 4 mm. Die Kathoden 24 5 weisen jeweils entlang ihrer beiden Längsseiten und im gegenseitigen Abstand von ca. 10 mm nasenartige halbkreisförmige Fortsätze 26a,26b auf. Im Betrieb setzen an diesen Fortsätzen 26a,26b einzelne Entladungen an, die zu ihren zugehörigen Anodenstreifen 25a bzw. 25b brennen. Der dargestellte Teil umfaßt exemplarisch lediglich zwei Kathoden 24 mit ihrem jeweils zu 10 gehörigen Anodenpaar 25a,25b. Bei den restlichen Elektroden ist der Aufbau und die prinzipielle Anordnung gleich. Kathoden 24 und Anoden 25a,25b sind auf derselben Schmalseite der Leuchtstofflampe nach außen geführt und gehen auf dem entsprechenden Rand der Decken- 8 bzw. Bodenplatte 7 15 in die kathodenseitige 27 bzw. anodenseitige 14 äußere Stromzuführung über. Wie in der Schnittdarstellung (Figur 6b) zu erkennen ist, sind sowohl die Anoden 25a,25b als auch die Kathoden 24 vollständig mit einer dielektrischen Schicht 28 bzw. 29 bedeckt (zweiseitig dielektrisch behinderte Entladung), die sich über die komplette Innenwandung der Boden- 7 bzw. Dekkenplatte 8 erstreckt. Auf der dielektrischen Schicht 28 der Bodenplatte 7 ist 20 je eine lichtreflektierende Schicht 30 aus  $Al_2O_3$  bzw.  $TiO_2$  aufgebracht. Als letzte Schicht folgt darauf und ebenso auf der dielektrischen Schicht 29 der Deckenplatte 8 eine Leuchtstoffschicht 31 bzw. 32 aus einem BAM, LAP, YOB Gemisch.

In Figur 7 ist schematisch eine Seitenansicht, teilweise im Schnitt, einer 25 Flüssigkristallanzeige-Vorrichtung 33 gezeigt, mit der Flachleuchtstofflampe 1 entsprechend Figur 1a als Hintergrundbeleuchtung für eine an sich bekannte Flüssigkristallanzeige 35. Zwischen der Flachleuchtstofflampe 1 und der Flüssigkristallanzeige 35 ist eine Streuscheibe 36 als optischer Diffusor angeordnet. Zwischen der Streuscheibe 36 und der Flüssigkristallanzeige 35

sind zwei Lichtverstärkungsfolien(BEF) 37,38 der Firma 3M angeordnet. Die Flachleuchtstofflampe 1, die Streuscheibe 36, die beiden Lichtverstärkungsfolien 37,38 und die Flüssigkristallanzeige 35 sind in einem Gehäuse angeordnet und durch den Rahmen 39 des Gehäuses gehalten. Auf der Außen-  
5 seite der Gehäuserückwand 40 ist ein Kühlkörper 41 angeordnet. Außerdem ist auf der Außenseite der Gehäuserückwand 40 die mit der Flachleuchtstofflampe 34 verbundene Schaltungsanordnung 23 entsprechend Figur 5 sowie eine an sich bekannte und mit der Flüssigkristallanzeige 35 verbundene Ansteuerelektronik 42 angeordnet. Für weitere Details zu einer geeigneten  
10 Flüssigkristallanzeige 35 mit Ansteuerelektronik 42 sei auf die EP 0 607 453 verwiesen.

Die in den Figuren 8a-8b schematisch in Draufsicht sowie Seitenansicht dargestellte Flachlampe 1' unterscheidet sich von der Flachlampe 1 (Figuren 3a und 3b) lediglich in der Gestaltung der äußereren Stromzuführung 12;13. Die  
15 Durchführungen 10;11 jedes Elektrodenstreifens 3;4 sind auf dem Rand der Bodenplatte 5 zunächst weitergeführt und münden in einer kathodenseitigen 12 bzw. anodenseitigen 13 busartigen Leiterbahn. Die Enden (+, -) dieser Leiterbahnen 12;13 dienen als Außenkontakte für die Verbindung mit einer elektrischen Spannungsquelle (nicht dargestellt).

20 Die Figur 9 zeigt eine schematische Teilschnittdarstellung einer weiteren Variante der Flachlampe. Sie unterscheidet sich von der in der Figur 6b dargestellten im wesentlichen dadurch, daß die Anoden 25a bzw. 25b jedes Anodenpaars 25 zweiteilig ausgeführt sind. Sie bestehen jeweils aus einem schmalen Silberstreifen 25' und einem breiteren transparenten Indium-Zinn-  
25 Oxid-Streifen 25'', wobei der Silberstreifen 25' in den Indium-Zinn-Oxid-Streifen 25'' eingebettet ist. Auf diese Weise wird die Abschattung durch die Anoden auf der Deckenplatte vermindert, d.h. deren effektive Transparenz für das Nutzlicht erhöht.

Die Erfindung ist nicht durch die angegebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Außerdem können Merkmale unterschiedlicher Ausführungsbeispiele auch kombiniert werden.

**Patentansprüche**

1. Flachleuchtstofflampe (1) für die Hintergrundbeleuchtung mit einem zumindest teilweise transparenten und mit einer Gasfüllung gefüllten geschlossenen flachen Entladungsgefäß (2) aus elektrisch nichtleitendem Material, welches Entladungsgefäß (2) auf seiner Innenwandung zumindest teilweise eine Schicht eines Leuchtstoffes oder Leuchtstoffgemisches aufweist, und mit auf der Innenwandung des Entladungsgefäßes (2) angeordneten streifenartigen Elektroden (3-6), wobei zumindest die Anoden (5,6) jeweils mit einer dielektrischen Schicht (15) bedeckt sind, dadurch gekennzeichnet, daß
  - 10 • das Entladungsgefäß (2) aus einer Bodenplatte (7), einer Deckenplatte (8) und einem Rahmen (9) besteht, wobei die Bodenplatte (7), die Deckenplatte (8) und der Rahmen (9) mittels Lot (10) gasdicht miteinander verbunden sind,
  - 15 • die streifenartigen Elektroden (3-6) zusätzlich in Durchführungen (12) und diese in Stromzuführungen (13,14) übergehen derart, daß die Elektroden (3-6), Durchführungen (12) und äußere Stromzuführungen (13,14) als leiterbahnähnliche Strukturen (3,4,13;5,6,14) ausgebildet sind,wobei die Durchführungen durch das Lot (10) gasdicht abgedeckt nach außen geführt sind und wobei die sich unmittelbar daran anschließenden äußeren Stromzuführungen (13,14) zum Anschluß einer elektrischen Versorgungsquelle dienen.
2. Flachleuchtstofflampe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Strukturen im Bereich zwischen 5 µm und 50 µm, bevorzugt im Bereich von 5,5 µm bis 30 µm, besonders bevorzugt im Bereich von 6 µm bis 15 µm liegt.

3. Flachleuchtstofflampe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Boden- und der Deckenplatte Abstandshalter angeordnet sind.
4. Flachleuchtstofflampe nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstandshalter durch Glaskugeln realisiert sind.
5. Flachstrahler nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Parameter  $P_1 = d_{S1} \cdot d_{E1}$  im Bereich von 50 mm  $\mu\text{m}$  bis 680 mm  $\mu\text{m}$ , bevorzugt im Bereich von 100 mm  $\mu\text{m}$  bis 500 mm  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt im Bereich von 200 mm  $\mu\text{m}$  bis 400 mm  $\mu\text{m}$  liegt, wobei  $d_{S1}$  den Abstand der Stützstellen zueinander bzw. zur begrenzenden Seitenwand und  $d_{E1}$  die Dicke der Elektrodenbahnen bezeichnen.
10. 6. Flachstrahler nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Parameter  $P_2 = d_{S1}/d_{P1}$  im Bereich von 8 bis 20, bevorzugt im Bereich von 9 bis 18, besonders bevorzugt im Bereich von 10 bis 15 liegt, wobei  $d_{S1}$  den Abstand der Stützstellen zueinander bzw. zur begrenzenden Seitenwand und  $d_{P1}$  die kleinere der beiden Dicken von Boden- bzw. Deckenplatte bezeichnen.
15. 7. Flachleuchtstofflampe nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die streifenartigen Kathoden (3,4) entlang ihrer Längsseiten nasenartige Fortsätze (20) aufweisen.
20. 8. Flachleuchtstofflampe nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Fortsätze (20) in Richtung zu den jeweiligen beiden Schmalseiten der streifenartigen Kathoden (4) räumlich zunehmend dichter angeordnet sind.
25. 9. Flachleuchtstofflampe nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die streifenartigen Elektroden (3-6) neben-

einander auf der Innenwandung der Bodenplatte (7) des Entladungsgefäßes (2) angeordnet sind, wobei zwischen benachbarten Kathodenstreifen (3,3 bzw. 3,4) jeweils zwei Anodenstreifen (5a,5b), d.h. ein Anodenpaar (5), angeordnet ist.

- 5 10. Flachleuchtstofflampe nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Anodenstreifen (5a,5b) jedes Anodenpaars (5) in Richtung zu ihren jeweiligen beiden Schmalseiten hin verbreitert sind.
- 10 11. Flachleuchtstofflampe nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbreiterungen bezüglich der jeweiligen Längsachse der Streifen (5a,5b) asymmetrisch und ausschließlich in Richtung zum jeweiligen Partnerstreifen (5b bzw. 5a) ausgebildet sind, so daß der jeweilige Abstand zwischen Anodenstreifen (5a,5b) und Nachbarkathodenstreifen (3) bzw. (4) durchgängig konstant ist.
- 15 12. Flachleuchtstofflampe nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kathoden (24) und Anoden (25) auf unterschiedlichen Platten angeordnet sind, vorzugsweise die Anoden (25) auf der Deckenplatte (8) und die Kathoden (24) auf der Bodenplatte (7), wobei jeder Kathode (24) zwei Anoden (25a,25b) zugeordnet sind derart, daß im Querschnitt bezüglich der Elektroden betrachtet jeweils die gedachte Verbindung von Kathode (24) und korrespondierenden Anoden (25a,25b) die Form eines gegebenenfalls auf dem Kopf stehenden „V“ ergibt.
- 20 25 13. Flachleuchtstofflampe nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anoden und/oder Kathoden jeweils aus zwei miteinander gekoppelten, elektrisch leitfähigen Komponenten (25', 25'') bestehen, wobei die erste Komponente (25') als schmaler hochstromtragfähiger Streifen und die zweite Komponen-

te (25'') als gegenüber der ersten Komponente (25') breiterer, für sichtbare Strahlung im wesentlichen transparenter Streifen ausgeführt sind.

14. Flachleuchtstofflampe nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß sich zwischen erster und zweiter Komponente ein Dielektrikum befindet und folglich die Kopplung zwischen den beiden Komponenten kapazitiv ist.  
5
15. Flachleuchtstofflampe nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils nur die erste Komponente als Durchführung sowie Stromzuführung nach außen weitergeführt ist und die zweite Komponente lediglich zur Vergrößerung der effektiven Elektrodenfläche innerhalb des Entladungsgefäßes dient.  
10
16. Flachleuchtstofflampe einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Innenwandung der Bodenplatte (7), dem Rahmen (9) und den Abstandshaltern eine Reflexions-  
15 schicht für Licht aufgebracht ist.
17. Flachleuchtstofflampe nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, wobei die äußeren Stromzuführungen derart ausgebildet sind, daß die Durchführungen (12) der Kathoden (3,4) und Anoden (5,6) in eine kathoden- bzw. anodenseitige busartige Leiterbahn (13;14) münden.  
20
18. Beleuchtungssystem mit einer Flachleuchtstofflampe (1) und mit einer mit der Flachleuchtstofflampe (1) elektrisch leitend verbundenen elektrischen Spannungsquelle (23), die geeignet ist, im Betrieb durch Pausen voneinander getrennte Wirkleistungspulse in die Flachleuchtstofflampe (1) einzukoppeln, dadurch gekennzeichnet, daß die Flachleuchtstofflampe (1) Merkmale eines oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 17 aufweist.  
25

19. Flüssigkristallanzeige-Vorrichtung (33) mit einer Flüssigkristallanzeige (35), einer Ansteuerelektronik (42) zum Ansteuern der Flüssigkristallanzeige (35), einem Beleuchtungssystem als Hintergrundbeleuchtung für die Flüssigkristallanzeige (35) sowie einer Aufnahme (39), in  
5 der die Flüssigkristallanzeige (35) mit der Ansteuerelektronik (42) und dem Beleuchtungssystem angeordnet sind, gekennzeichnet durch das Beleuchtungssystem gemäß Anspruch 18.
20. Flüssigkristallanzeige-Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Flachlampe (1) und Flüssigkristallanzeige (35) mindestens ein optischer Diffusor (36) angeordnet ist.  
10
21. Flüssigkristallanzeige-Vorrichtung nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Flachlampe (1) und Flüssigkristallanzeige (35) mindestens eine Lichtverstärkungsfolie (37,38) BEF (Brightness Enhancement Film) angeordnet ist.
- 15 22. Flüssigkristallanzeige-Vorrichtung nach Anspruch 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Flachlampe und Flüssigkristallanzeige zunächst ein erster optischer Diffusor, danach eine Lichtverstärkungsfolie und schließlich ein zweiter optischer Diffusor angeordnet sind.

1/8

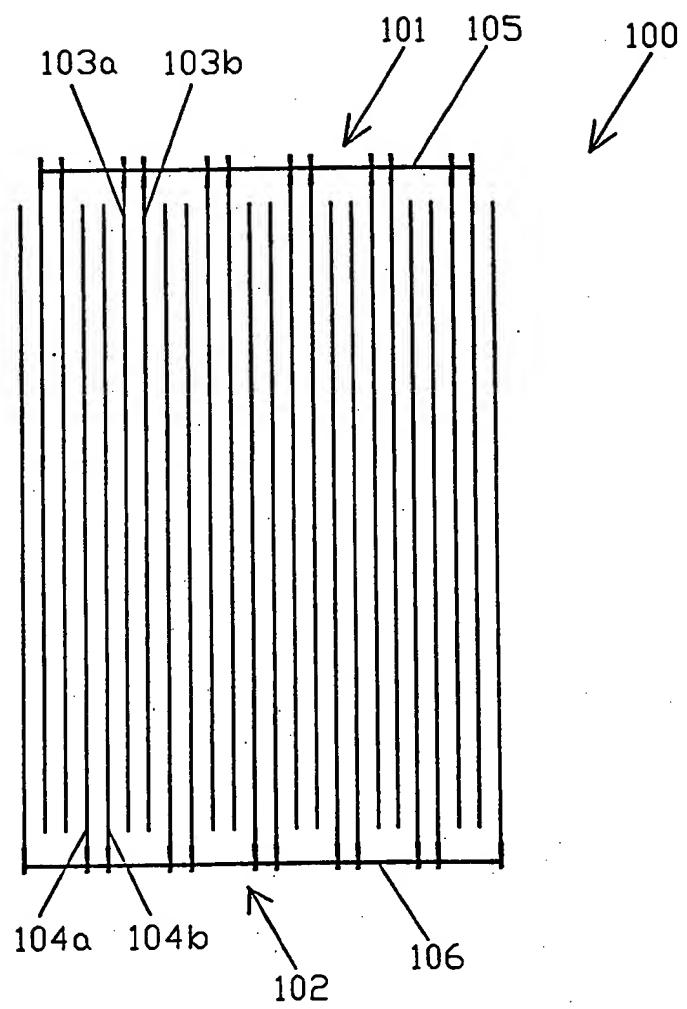


FIG. 1

2/8

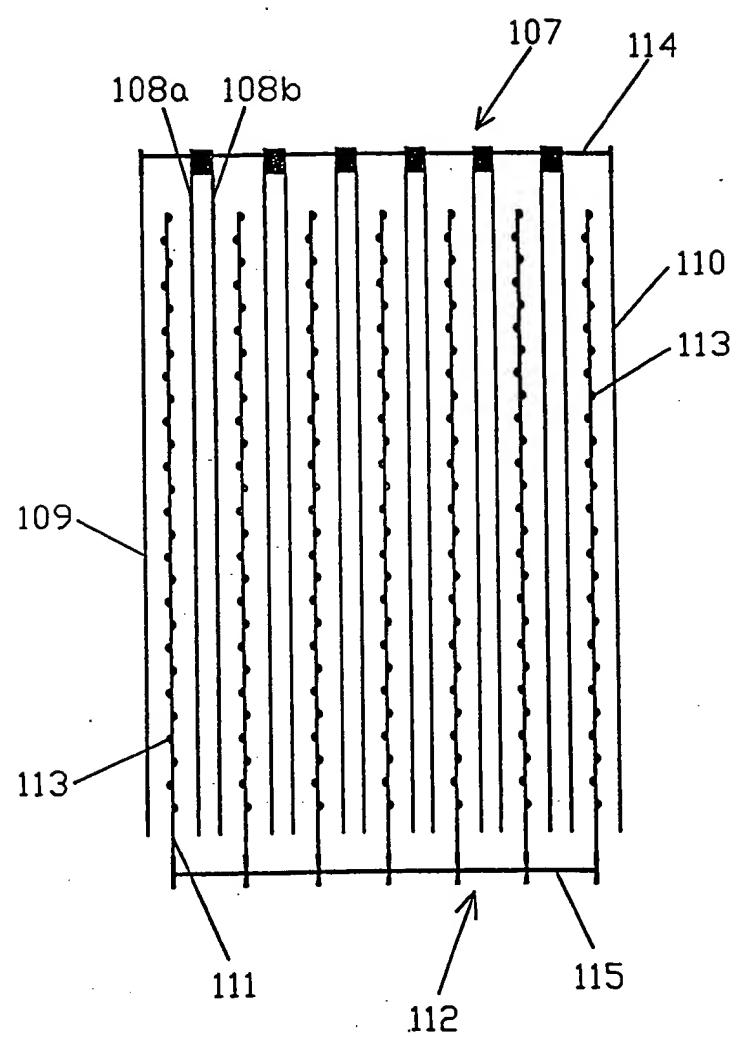


FIG. 2

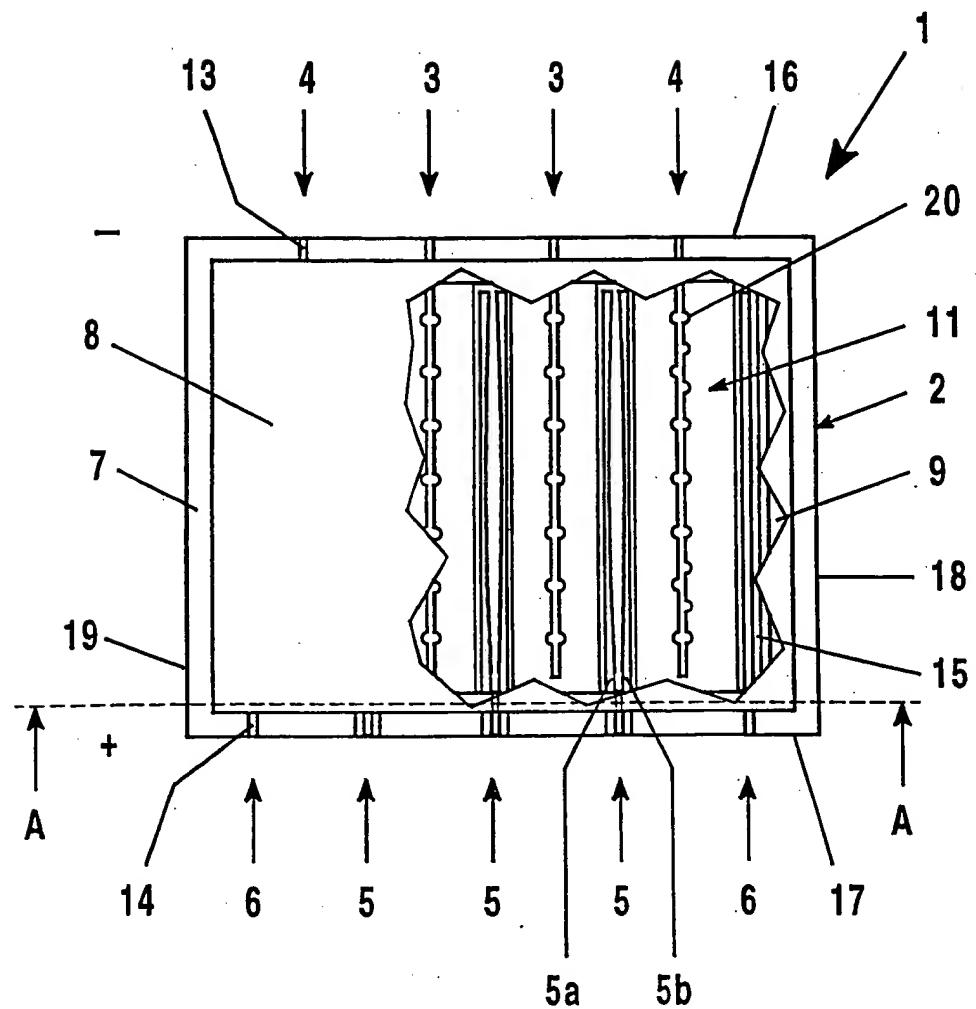


FIG. 3a

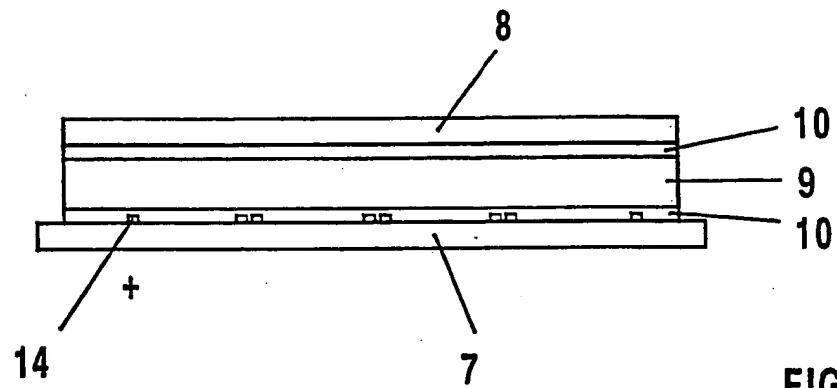


FIG. 3b

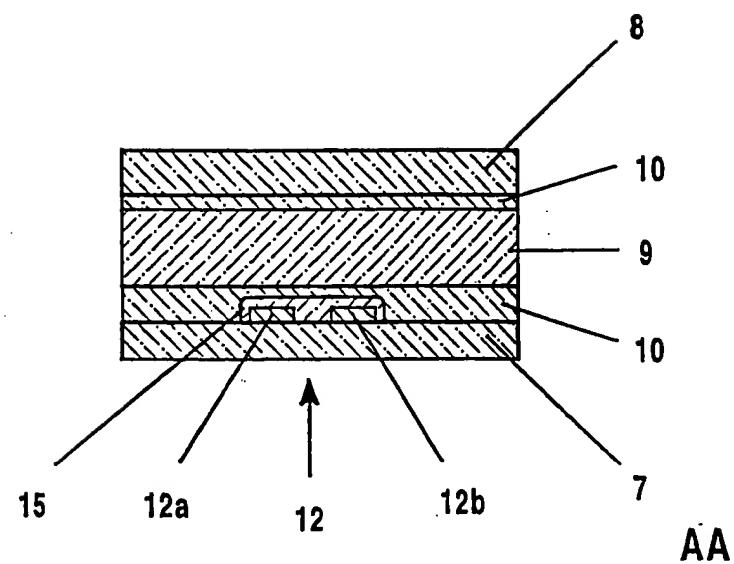


FIG. 4

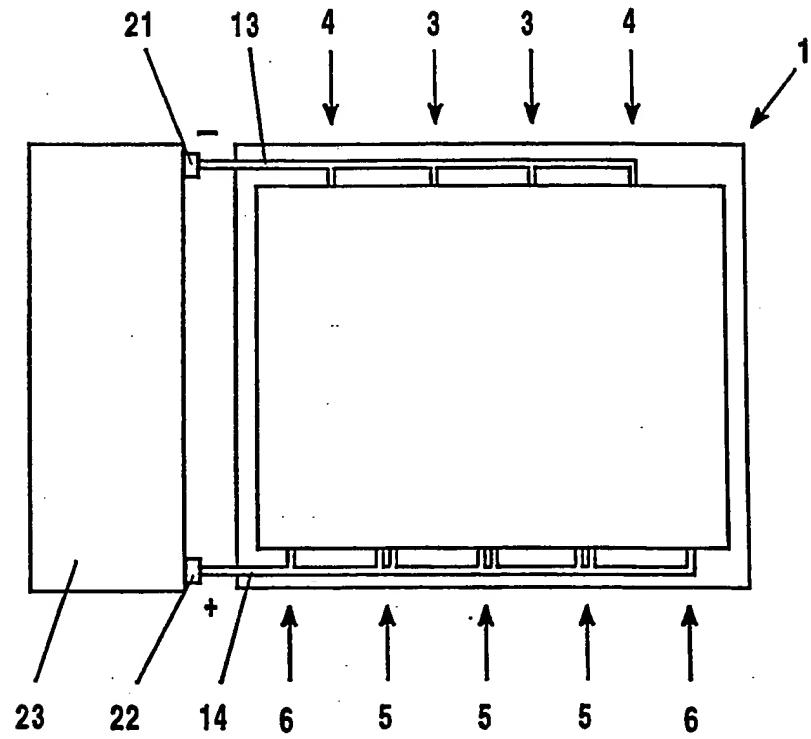


FIG. 5

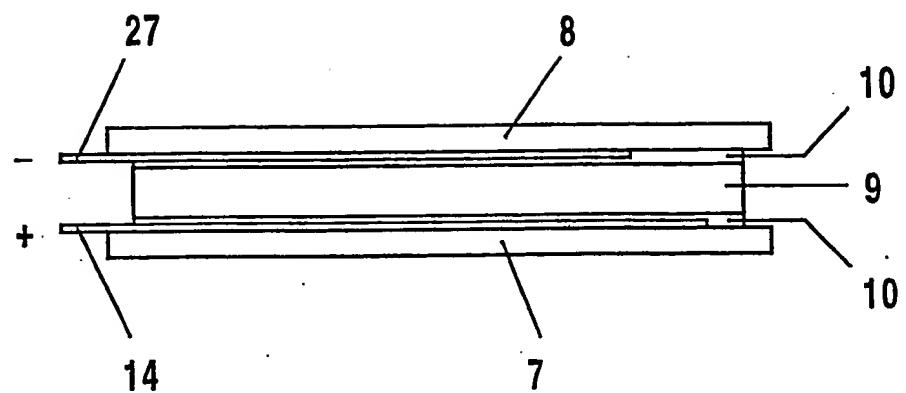


FIG. 6a

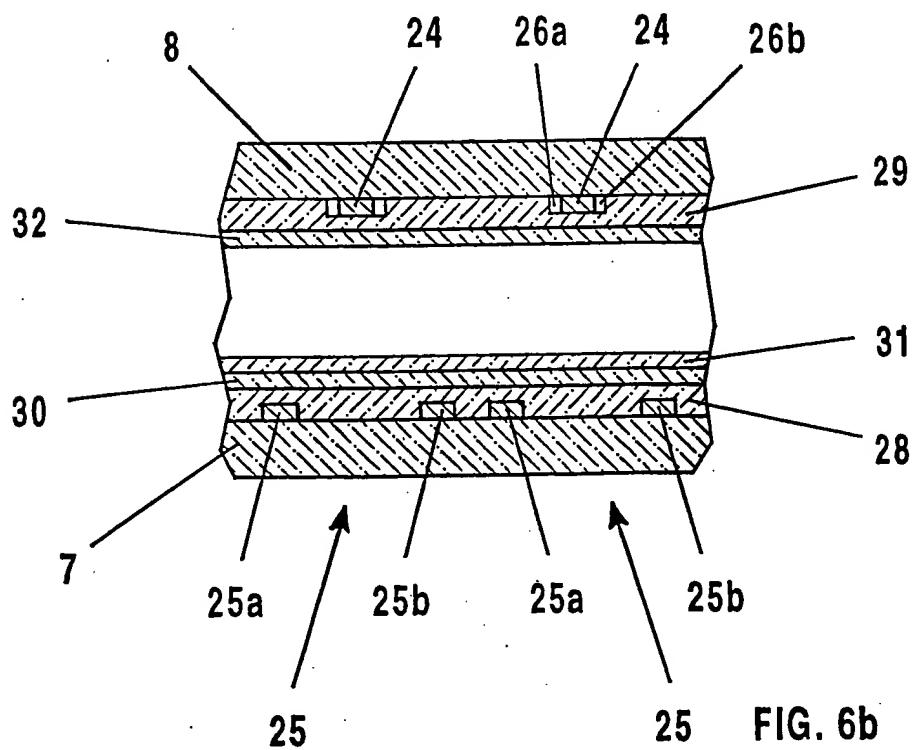


FIG. 6b

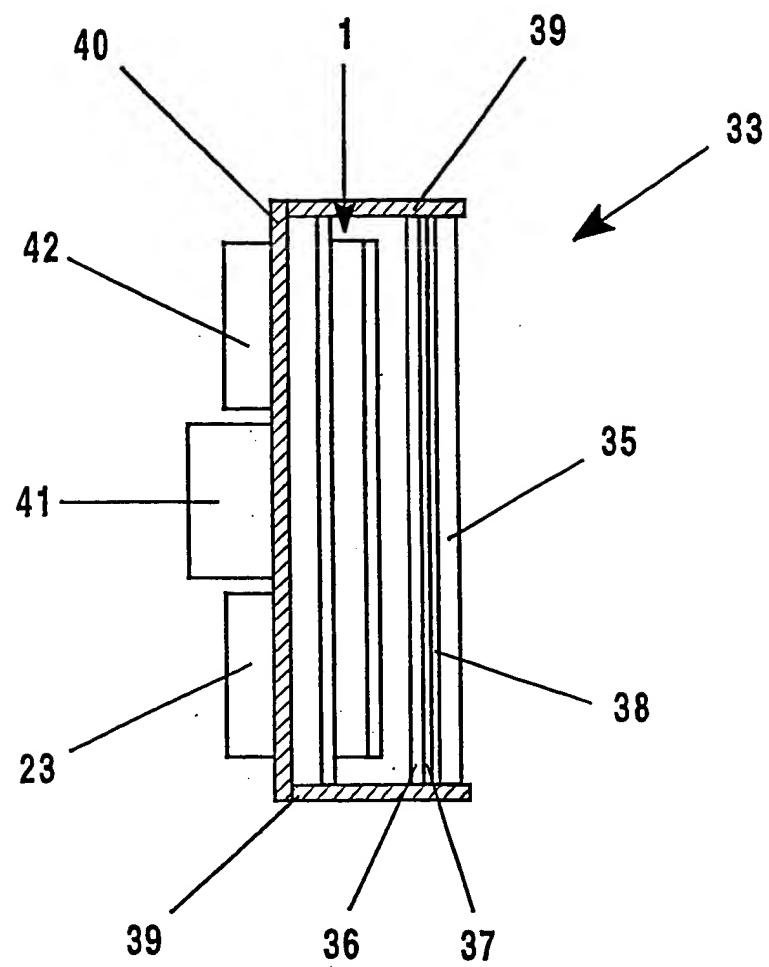


FIG. 7

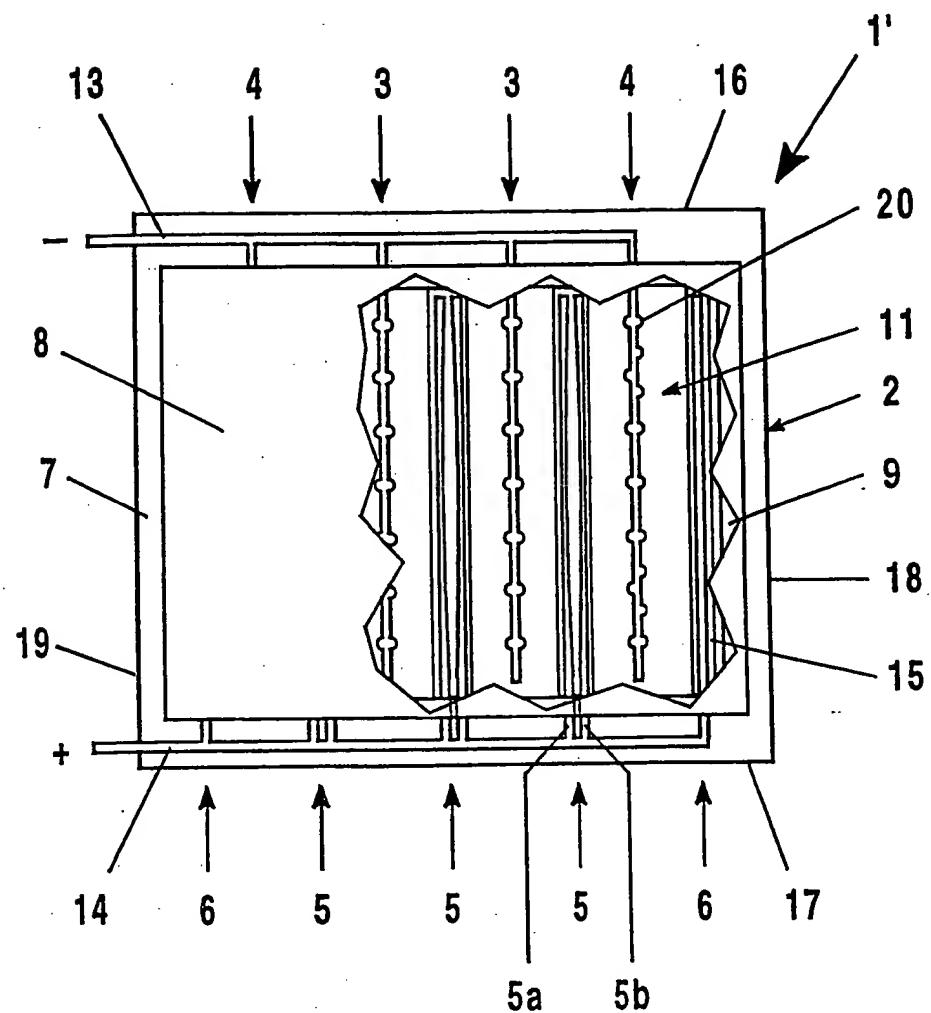


FIG. 8a

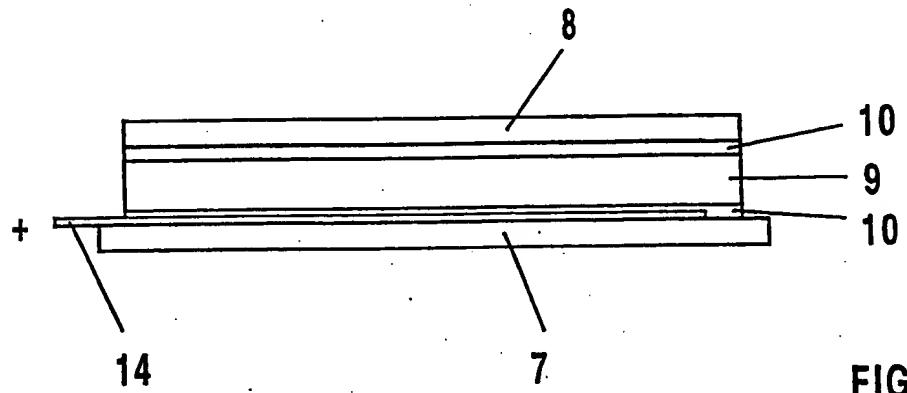


FIG. 8b

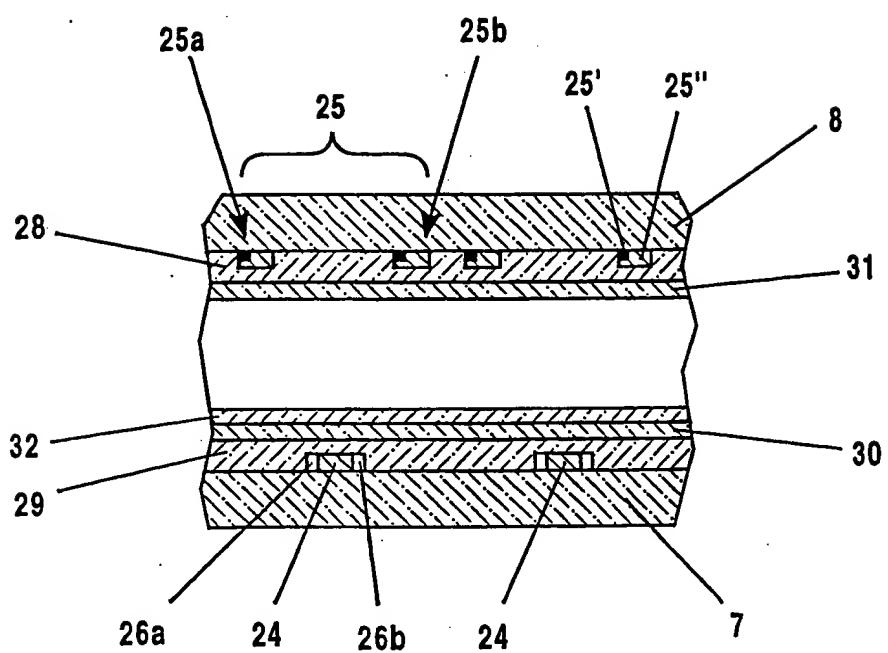


FIG. 9